

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-074653

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G01N 21/39
G01N 1/22

(21)Application number : 11-245257

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 31.08.1999

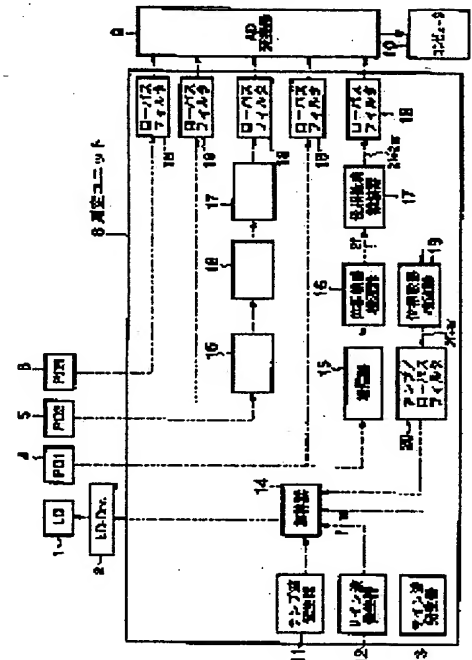
(72)Inventor : TAURA MASAZUMI
MUTA KENJI
YAMASHITA ICHIRO

(54) GAS CONCENTRATION MEASURING APPARATUS AND COMBUSTION FURNACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a gas concentration measuring apparatus of high sensitivity hard to receive the effect of a coexisting component or measuring environment and a combustion furnace equipped therewith.

SOLUTION: A gas concentration measuring apparatus has a light source 1 oscillating laser beam with an absorption wavelength inherent to a gaseous substance to be measured, means 12, 13 for modulating the oscillation wavelength of the laser beam oscillated from the light source by at least two different frequencies, means 4, 5, 6 receiving laser beams modulated by these modulation means and a plurality of phase sensitive detectors 16, 17, 19 for successively demodulating the modulated signals at every frequencies from the signals received by the light receiving means.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3342446

[Date of registration]

23.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-74653

(P2001-74653A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 N 21/39

1/22

識別記号

F I

G 0 1 N 21/39

1/22

テーマコード(参考)

2 G 0 5 9

D

G

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-245257

(22) 出願日 平成11年8月31日 (1999.8.31)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 田浦 昌純

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者 牟田 研二

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

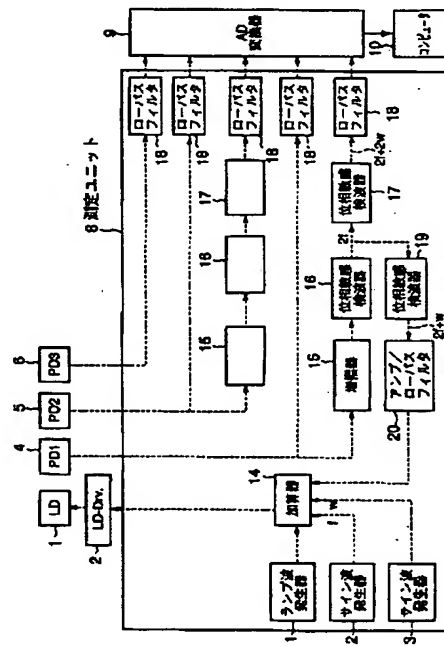
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス濃度計測装置及び燃焼炉

(57) 【要約】

【課題】 共存成分や測定環境からの影響を受け難い高感度のガス濃度計測装置及びそれを備えた燃焼炉を提供する。

【解決手段】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源1と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段12,13と、この変調手段により変調されたレーザ光を受光する手段4,5,6と、この受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の位相敏感検波器16,17,19と、を具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、
この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する受光手段と、
この受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の位相敏感検波器と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項2】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、
この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する受光手段と、
この受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、
前記受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る位相敏感検波器と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項3】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、
ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、
この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、
前記参照セルを通過したレーザ光を受光する手段と、
この受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第1の位相敏感検波器と、
前記受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、
この第2の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項4】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、
この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、
この第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発

振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第2の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項5】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する受光手段と、
この受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、
前記受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調し、変調周波数の成分またはその高調波成分を得る複数の位相敏感検波器と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項6】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、
この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、
この第1の受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の位相敏感検波器と、
ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、

この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、
前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光手段と、
この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第1の位相敏感検波器と、この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、
この第2の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項7】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、
この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、
この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、
この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、レーザ光を受光す

る第1の受光手段と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の位相敏感検波器と、

前記第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第2の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項8】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、

この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、

この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、

前記第1の受光手段で受光した信号の中から変調周波数またはその高調波成分の成分を得る第1の位相敏感検波器と、

ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は通流可能にされた参照セルと、

この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、

前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光手段と、

この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、前記第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、

この第3の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項9】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、

この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、

前記第1の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る位相敏感検波器と、

前記第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第2の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項10】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、

この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、

ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、

この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、

前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第1の受光手段と、

10 前記第1の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第1の位相敏感検波器と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、

この第2の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、

前記変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

20 前記測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第2の受光手段と、

この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、この第2の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第3の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項11】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、

30 この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、

この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、

40 前記受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調し、変調周波数の成分またはその高調波成分を得る複数の第1の位相敏感検波器と、

ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、

この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、

前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光手段と、

この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、

50 前記第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数

の奇数次の高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、この第3の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項12】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、この第1の受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の第1の位相敏感検波器と、ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、

この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光手段と、この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、前記第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、この第3の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、前記第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第3の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項13】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、この第1の受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、前記第1の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第1の位相敏感検波器と、ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光

手段と、

この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、

前記第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、この第3の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、

10 前記第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第3の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項14】 測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、

この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、

20 この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、

この第1の受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、

前記第1の受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調し、変調周波数の成分またはその高調波成分を得る複数の第1の位相敏感検波器と、

ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、

30 前記参照セルを通過したレーザ光を受光する第2の受光手段と、

この第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、

前記第2の受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第3の位相敏感検波器と、この第3の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、

40 前記第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第3の受光手段と、を具備することを特徴とするガス濃度計測装置。

【請求項15】 上記請求項1乃至14のいずれか1記載のガス濃度測定装置と、このガス濃度測定装置の光源から発振されるレーザ光を排ガス通路内に導びくための計測窓と、前記排ガス通路において透過または反射または散乱したレーザ光を排ガス通路外の前記ガス濃度計測装置の受光手段に導くための計測窓と、を具備すること

を特徴とする燃焼炉。

【請求項16】 上記2種類の計測窓は、燃焼領域および煙道の少なくとも一方に設けられていることを特徴とする請求項15記載の燃焼炉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃焼を利用したすべての装置や化学プラントなどのガスを発生または排出する可能性のある装置及びその周辺、あるいは地下駐車場、トンネル、高速道路の料金所などのガスが滞留する可能性の高い場所などでガス濃度を分析し監視する装置に係り、特に NO_x 、 CO 、 NH_3 などの排ガスの濃度を計測するガス濃度計測装置及びそれを備えた燃焼炉に関する。

【0002】

【従来の技術】ボイラ、ゴミ焼却炉、ガスタービン、ディーゼル機関、ガソリン機関などの燃焼機器の制御や排ガスの性状評価などを行うためには、排ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)の濃度を計測することが重要である。このため、種々の方法が NO_x 濃度を計測するために利用されている。

【0003】従来の NO_x を測定対象とするガス濃度計測方法としては化学分析法(JIS K0104)および自動計測法(JIS 7982)があり、さらに自動計測法には1)化学発光法、2)赤外線吸収法、3)紫外線吸収法、4)定電位電解法など種々の計測方法がある。これらの従来のガス濃度計測方法は、基本的には連続式またはバッチ式でサンプリングしたガスを分析装置に導入している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の化学分析法においては、試料ガスの採取に熟練を要し、しかも、発色が完了するまでに時間がかかり過ぎるために、連続測定に適していない。また、方法によっては NO を直接測定できないので、これを NO_2 に変換するための前処理装置が必要となる。さらに、従来の化学分析法および自動計測法の両者はともに他のガス・水分・煤塵などの共存成分により干渉を受けるので、これらの共存成分を除去するか、あるいは測定値を補正する必要があると共に、一定レベルの測定精度を保証するためには試料ガス温度と流量を一定に保持する必要がある等の様々な問題点が存在する。

【0005】さらに、従来の方法では、試料ガスを一定量サンプリングする必要があるため、ボイラの炉内や煙道、道路などでの直接測定が不可能であり、従って広範囲にわたる分布測定もできない。

【0006】近年、可視または近赤外線の波長領域における半導体レーザの性能が向上し、高分解能分光の光源として利用するのに十分な分光特性を有するようになり、これを利用したガス濃度計測の実験室レベルでの研究が行われるようになってきている。この手法は波長可

変半導体レーザ吸収分光法(Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy(以下、TDLASという))と呼ばれる技術であるが、従来のTDLASには下記(1)～(4)にあげる種々の問題点が存在するために産業界では未だ実機プラントに実用化されるに至っていない。

【0007】(1)ミラーなどの光学部品で発生するサイン波状のフリンジがガスの吸収信号に重畳されて測定信号に現れるために、このフリンジの大きさが周囲の温度変化などの影響を受けて変動した場合に、濃度測定信号に影響を及ぼし、ガス濃度計測の精度が低下する。

【0008】(2)測定領域に固体粒子が共存すると、レーザ光が吸収または散乱されてしまい、このノイズとガスによる吸収との区別が付かなくなり、ガス濃度計測の精度が低下する。従って、これまでレーザ光を用いたガス濃度計測は清浄ガスに対しては可能であったが、燃焼機器から排出されるガスは煤塵などの固体粒子を含んでいるために、ガス濃度計測の精度低下が避けられない。また、前処理装置を用いてサンプリングガスから煤塵などの固体粒子を除去する必要があり、燃焼炉や煙道や配管等の内部の直接計測ができない。

【0009】(3)ガスの吸収は非常に線幅が狭く、特定の波長でしか吸収されない。半導体レーザは、温度と電流を一定に制御すると、ほぼ一定の波長を発振するが、長時間発振していると、次第に発振波長そのものがドリフトすることは避けられない。半導体レーザからの発振波長が測定対象ガスの吸収ピークから少し外れると、測定感度が大幅に低下してしまう。さらに発振波長が測定対象ガスの吸収ピークを中心とする吸収線幅(測定感度帯域)から外れてしまうと、レーザ光がまったくガスに吸収されなくなり、ガス濃度計測が不可能になってしまう。

【0010】(4)屋外に設置されたプラントでは、太陽光がレーザ受光器に入射することがあり、一日の中でも時間帯によって受光した光の強度が変動しやすく、ガス濃度の測定精度が低い。光学部品を箱のなかに全て収納し、太陽光などが入射しないように設置した場合であっても、ボイラなどの炉内で燃焼による発光が必ず起こる場合、受光器にレーザ光以外の光が背景光として入射するのを避けられない場合が多く、測定精度が大幅に低下する。

【0011】本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、共存成分や測定環境からの影響を受け難く、高感度で、かつ、その場観測および実時間計測が可能なガス濃度計測装置及びそれを備えた燃焼炉を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、共存成分や測定環境からの影響を受け難く、測定精度が長期間にわたり低下しない高感度のガス濃度計測装置につき鋭意研究を重ねた結果、下記の特徴を有する本発明を完成さ

せるに至った。

【0013】(1) 第1の視点として本発明に係るガス濃度計測装置は、測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を少なくとも2つの異なる周波数で変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する受光手段と、この受光手段で受光した信号の中から変調された信号を周波数毎に順次それぞれ復調する複数の位相敏感検波器と、を具備することを特徴とする。

【0014】(2) 第2の視点として本発明に係るガス濃度計測装置は、測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する受光手段と、この受光手段で受光した信号の中から直流成分を得る低周波通過フィルタと、前記受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る位相敏感検波器と、を具備することを特徴とする。

【0015】(3) 第3の視点として本発明に係るガス濃度計測装置は、測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、ガス濃度が既知の標準ガスが封入されるか又は流通可能にされた参照セルと、この参照セルに前記レーザ光を導入する手段と、前記参照セルを通過したレーザ光を受光する手段と、この受光手段で受光した信号の中から変調周波数の成分またはその高調波成分を得る第1の位相敏感検波器と、前記受光手段で受光した信号の中から変調周波数の奇数次の高調波成分を得る第2の位相敏感検波器と、この第2の位相敏感検波器から出力される信号を用いて前記光源から発振されるレーザ光の発振波長を制御する手段と、を具備することを特徴とする。

【0016】(4) 第4の視点として本発明に係るガス濃度計測装置は、測定対象とされるガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を発振する光源と、この光源から発振されるレーザ光の発振波長を変調する手段と、この変調手段により変調されたレーザ光を前記ガス状物質が存在する測定領域に導く手段と、この測定領域において透過または反射または散乱したレーザ光を受光する第1の受光手段と、この第1の受光手段の近傍に設けられ、前記光源から発振されたレーザ光は受光せず、前記測定領域から発した光の強度のみを受光する第2の受光手段と、を具備することを特徴とする。

【0017】さらに、他のガス濃度計測装置(5)～(14)は、上記(1)～(4)のうちから2つ以上を下

記のように組み合わせたことを特徴とする。

【0018】(5)は(1)と(2)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0019】(6)は(1)と(3)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0020】(7)は(1)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0021】(8)は(2)と(3)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

10 【0022】(9)は(2)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0023】(10)は(3)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0024】(11)は(1)と(2)と(3)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0025】(12)は(1)と(3)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0026】(13)は(2)と(3)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

20 【0027】(14)は(1)と(2)と(3)と(4)の組み合わせからなるガス濃度計測装置。

【0028】また、本発明に係る燃焼炉は、上記(1)乃至(14)のいずれか1記載のガス濃度測定装置と、このガス濃度測定装置の光源から発振されるレーザ光を排ガス通路内に導びくための計測窓と、前記排ガス通路において透過または反射または散乱したレーザ光を排ガス通路外の前記ガス濃度計測装置の受光手段に導くための計測窓と、を具備することを特徴とする。これらの2種類の計測窓は、一つの窓で兼用可能である。すなわち、排ガス通路にレーザ光を導く手段としての計測窓と、レーザ光を排ガス通路外の前記ガス濃度計測装置の受光手段に導くための手段としての計測窓が具備することが特徴である。もちろん、複数の計測窓を設けることもできる。

【0029】この場合に、2種類の計測窓は、燃焼領域および煙道の少なくとも一方に設けることができる。

【0030】本発明の各種ガス濃度計測装置はそれぞれ下記(a)～(e)のように機能する。

40 【0031】(a)レーザの発振波長を2つの異なる周波数で変調し、これを2つの位相敏感検波器を用いて順次復調する。

【0032】(b)変調されたレーザ光の強度信号から、直流成分と変調された成分とを分離する。

【0033】(c)参照セルに標準ガスを封入または流通し、このガスの吸収中心に波長を固定することにより、レーザの発振波長を安定化する。

【0034】(e)レーザ光を受光する手段の他に、レーザ光を受光せず測定領域から発した光の強度を受する手段を設けることにより、透過したレーザ光の強度を独立に求め得る。

【0035】図2～図4を参照しながら本発明の作用(イ)～(ニ)について説明する。

【0036】(イ) フリンジの影響除去

光学部品での反射が原因となって吸収スペクトルの中に現れるフリンジが、濃度測定の妨害になることが多い。注意深くこのフリンジを除去した後でも、小さな振幅のフリンジが残る場合がある。図4は、ガウス型の2次微分の形をしたガス状成分による吸収信号と、サイン波の形をしたフリンジが重なっているスペクトルを模式的に示したものである。特に、この振幅の変動は、屋外のテストプラントや実プラントの近くに設置された光学部品の温度変動に伴って起こり、その結果、吸収のピーク強度が変動することになる。しかしながら、本発明者らは、二重変調を用いることによってこの問題を解決した。すなわち、図2に示す例においては、フォトダイオード5(または4)の出力を、アンプ15で増幅した後、周波数 $2f$ の位相敏感検波器16で復調し、さらに、周波数 $2w$ の位相敏感検波器17で復調し、低周波フィルタ18で高周波ノイズを除去する。

【0037】図4に示す信号波形はフリンジを伴う吸収信号である。これは第1の周波数 f の2倍の周波数 $2f$ で復調された信号にあたる。ここで、二重変調と復調による作用を理解し易いように波形を簡略化して示す図3の(a)～(e)を参照しながら各次元毎の復調スペクトル吸収信号について説明する。図3の(a)は変調無しで計測した波形を、(b)は1倍の周波数 f で復調した波形を、(c)は2倍の周波数 $2f$ で復調した波形を、(d)は周波数 $2f+w$ で復調した波形を、(e)は周波数 $2f+2w$ で復調した波形をそれぞれ示す。

【0038】本発明の装置では、図4に示すフリンジを伴う吸収信号(図3(c)の2次微分吸収スペクトル)を、さらに第2の周波数 w の2倍の周波数 $2w$ で復調することにより図3(d)の4次微分信号を得て、この4次微分信号から先の2次微分信号のピークとピークとの間の強度を観測することができる。従って、フリンジの有無に拘わらず、ピークとピークの間の強度が観測されることになる。このような二重変調と復調により高感度かつ長時間安定な計測が可能になる。

【0039】(ロ) ガスと固体粒子の濃度の同時計測
ガス状分子の吸収はレーザ光の波長に依存するが、一方、固体粒子による散乱や吸収はレーザ光の波長にはあまり依存しない。図2において、第2のフォトダイオード5(PD2)の出力は、2つに分けられ、一方は、アンプ15と位相敏感検波器16によって変調された成分が検出され、他方は低周波通過フィルタ18によって、直流成分が検出される。その結果、透過してきたレーザ光強度の変調された成分と直流成分を両方とも測定できるので、ガス濃度と固体粒子濃度との同時計測が可能となる。

【0040】(ハ) 波長の安定化

長期間安定な測定を実現するために、レーザ光の発振波長を参照セル内のガスの吸収ピークにロックした。具体的には図2に示す例では、第1のフォトダイオード4(PD1)の出力をアンプ15で増幅した後、周波数 $2f$ の位相敏感検波器16で復調し、さらに、周波数 w の位相敏感検波器19で復調し、低周波通過フィルタおよびアンプ20を通すと、参照セル3内のガスによる吸収信号の3次微分が得られる。この3次微分信号は、図3(d)に示すように、吸収中心付近ではガスの吸収中心波長とレーザ光の発振波長との差に比例する。この関係を利用して両者の波長差がゼロになるように加算器14に加えると、フィードバック制御が掛かり、その結果、レーザ光の発振波長が安定化する。

【0041】(ニ) 背景光の影響除去

位相敏感検波器の出力は、ガス濃度とレーザ強度に比例するのでガス濃度を算出するためには、レーザ強度で割る必要がある。

【0042】図2に示す例では、フォトダイオード5

(PD2)で受光した光の強度は、透過したレーザ光と火炎などの発光(背景光)との両方を含むものである。それゆえ、背景光のみを受光するためのフォトダイオード6(PD3)をレーザの光軸を外れた位置に設置し、フォトダイオード5(PD2)の出力(受光強度)からフォトダイオード6(PD3)の出力(受光強度)を差し引くことにより、背景光の影響を除去することができる。

【0043】このように本発明のガス濃度計測装置によれば、ボイラやごみ焼却炉などの炉内や煙などのプラント内部や、プラント周囲、大気中のガス濃度を直接リアルタイムで計測することができる。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面を参照して本発明の種々の好ましい実施の形態について説明する。

【0045】図1に示すように、測定対象となるガスが存在または通過するプラント7の適所に2つの光学窓7a、7bが取り付けられている。プラント7はボイラやごみ焼却炉のような燃焼炉であり、この内部で発生する燃焼排ガスが流通する排気路を横切るように一方の光学窓7aから他方の光学窓7bに向けてレーザ光Lが計測領域に入射されるようになっている。この計測領域は、プラント7の燃焼スペースの一部にあたり、火炎が届く範囲に位置する。

【0046】一方の光学窓7aの近傍にはレーザ発振器が配置されている。レーザ発振器は、LDモジュール1と、LDモジュール1から発振されたレーザ光を反射するミラー1aと、ミラー1aで反射されたレーザ光の一部を光学窓7aに向けて反射するとともに一部を透過させるハーフミラー1bと、ハーフミラー1bを透過したレーザ光を参照セル3に向けて反射するミラー1cと、を備えている。

【0047】光源としての半導体レーザー素子は、レーザー素子の温度調節を行うためのペルチェ素子とともにLDモジュール1のなかに設けられている。半導体レーザー素子はLDドライブ2の制御回路に接続され、その温度と電流とが制御されるようになっている。なお、本実施形態では、光源として半導体レーザー素子を採用した場合を例にとって説明しているが、本発明の光源は半導体レーザー素子のみに限定されるものではなく、その他の波長変調が可能なレーザー発振器のすべてに適用可能であり、さらに、レーザー以外の光・電磁波の場合も、波長変調が可能な場合には、すべて適用可能である。

【0048】他方の窓7bの近傍には受光手段としての2つのフォトダイオード5、6(PD2、PD3)が設けられている。一方のフォトダイオード5はレーザー光軸上に配置され、計測領域を通過したレーザー光Lを受光するようになっている。他方のフォトダイオード6はレーザー光軸から外れたところに配置され、計測領域の火炎から発される光を背景光として受光するようになっている。これら2つのフォトダイオード5、6は測定ユニット8を経由してAD変換器9に受光信号をそれぞれ送るよう

に接続されている。AD変換器9はコンピュータ10に接続され、さらにコンピュータ10はディスプレイを備えた表示装置(図示せず)に接続されている。

【0049】LDモジュール1から発振されたレーザー光は、ハーフミラー1bで2つに分けられる。このうち透過光は、参照セル3を通り、第1のフォトダイオード4(PD1)で受光され、ガス濃度の検定と波長安定化とに用いられる。一方、反射光は、燃焼炉7の内部へ光学窓7aを介して導入され、測定領域を通過した後に光学窓7bを介して燃焼炉7の外部へ出て、第2のフォトダイオード5(PD2)により受光される。

【0050】さらに、レーザー光の光軸から外れたところに配置された第3のフォトダイオード6(PD3)により測定領域から発する光(火炎の光)を受光する。これら3つのフォトダイオード4、5、6からの電気信号を測定ユニット8で処理する。測定ユニット8は処理したアナログデータをAD変換器9に送り、これをAD変換器9はデジタルデータに変換し、これをコンピュータ10に送る。コンピュータ10は、送られてきたデータをメモリに保存するとともに、これを数値化又はグラフ化して表示装置(図示せず)の画面に表示する。さらに、コンピュータ10は、第2のフォトダイオード5(PD2)で受光した光(レーザー光+背景光)の強度と第3のフォトダイオード6(PD3)で受光した光(背景光)の強度との差分を演算により求め、これも表示装置の画面に表示するようになっている。

【0051】ガス濃度の検定は次のようにしてなされる。

【0052】まず、参照セル3内の既知のガス濃度と、参照セル3の既知の光学長さ、計測領域の既知の光学

長さ、とをコンピュータ10にデータ入力する。コンピュータ10は、メモリから所定の数式を呼び出し、3つの入力データを数式の該当パラメータにそれぞれ代入し、演算によりガス濃度値を求める。なお、参照セル3の内部にはガス濃度が既知の標準ガスを一定圧力で封入するか、または流通させてある。

【0053】図2は本発明の実施形態に係るガス濃度計測装置の要部を示すブロック回路図である。

【0054】本発明装置の主要部をなす測定ユニット8は、ランプ波発生器11、2つのサイン波発生器12、13、加算器14、2つの増幅器15、3つの位相敏感検波器16、17、19、5つのローパスフィルタ18、アンプ/ローパスフィルタ20を内蔵している。

【0055】ランプ波発生器11は、測定対象ガスに固有の吸収スペクトルのところでレーザー発振波長をゆっくりと掃引させるために、例えば周波数0.5Hz又は0.01Hzのランプ波を半導体レーザー素子の注入電流に印可するようになっている。なお、長時間にわたりガス濃度の変化を測定する場合は、ランプ波発生器11によるレーザー発振波長の掃引を止め、レーザー発振波長を所定波長にロックする。

【0056】2つのサイン波発生器12、13は、レーザー発振波長を変調するために、それぞれ異なる周波数のサイン波を半導体レーザー素子の注入電流に重ねて印可するようになっている。例えば、一方のサイン波発生器12からは第1の変調周波数fとして10kHzのサイン波(f=10kHz)が加算器14を経由してLDドライブ2に印可され、他方のサイン波発生器13からは第2の変調周波数wとして500Hzのサイン波(w=500Hz=0.5kHz)が加算器14を経由してLDドライブ2に印可されるようになっている。

【0057】加算器14は、ランプ波発生器11からの掃引信号、2つのサイン波発生器12、13からの異なる周波数f、wの変調信号、位相敏感検波器19からの周波数2f+wの3次微分復調信号を重畳して半導体レーザー素子の注入電流に印可するようになっている。

【0058】第1、第2、第3の位相敏感検波器16、17、19は、参照セル3の受光器4(PD1)に増幅器15を介して接続されている。このうち第1及び第2の位相敏感検波器16、17からなる回路はローパスフィルタ18を介して外部のAD変換器9に接続されている。一方、第1及び第3の位相敏感検波器16、19からなる回路はアンプ/ローパスフィルタ20を経由して加算器14に接続されている。このような位相敏感検波器は例えば特願平9-96046号の出願明細書において開示されている。

【0059】なお、レーザー光用の受光器5(PD2)は、増幅器15、2つの位相敏感検波器16、17、ローパスフィルタ18からなる直列回路を経由してAD変換器9に接続されるとともに、別のローパスフィルタ1

8を経由してAD変換器9にバイパス接続されている。また、背景光用の受光器6(PD3)は、ローパスフィルタ18を経由してAD変換器9に接続されている。

【0060】ローパスフィルタ18は、受光信号から高周波成分を除去して、低周波数の信号のみを通過させるようになっている。

【0061】ランプ波発生器11から掃引波長をもつランプ波を注入電流に印可するとともに、各サイン波発生器12、13から異なる周波数 f 、 w のサイン波を注入電流に重ねて印可すると、これによりレーザ発振波長は2つの異なる周波数 f 、 w で二重に変調される。その結果、このレーザ光を受光した信号には変調周波数 f 、 w とその高調波が含まれるようになるので、第1の位相敏感検波器16により信号が2倍の周波数 20kHz ($2f$)で復調され、次いで第2の位相敏感検波器17により2倍の周波数 1kHz ($2w$)で復調され、これらが重畳された4次微分信号($2f+2w$)がローパスフィルタ18を通してAD変換器9に送られる。

【0062】また、第1の位相敏感検波器16により2倍の周波数 20kHz ($2f$)で復調された信号は、第3の位相敏感検波器19において周波数 w で復調される。これらが重畳された3次微分信号($2f+w$)がアンプ/ローパスフィルタ20を通して加算器14に送られ、この信号に基づきレーザ発振波長が測定対象ガスの吸収中心波長にフィードバック制御される。

【0063】次に、種々の条件下で本発明の装置を用いてガス濃度を計測した結果につきそれぞれ説明する。

【0064】[実施例1]

大気中の水蒸気濃度分析

1. $8\mu\text{m}$ の分布帰還型(DFB)半導体レーザの特性は、注入電流 100mA 、素子温度 25°C で、出力パワーが 4mW 、スペクトル幅は 2MHz 以下である。レーザの発振波長は、素子温度で粗く設定し、精密には注入電流設定する。

【0065】レーザの発振波長はマイケルソン干渉型波長計で較正した。透過したレーザ光はインジウムガリウム砒素pin結合型フォトダイオード(InGaAsPINPD)で受光した。

【0066】発明者らのシステムでは2つのうち、一つの測定方法が選択できる。

【0067】吸収スペクトルの測定のためには、ランプ波発生器11により 0.5Hz または 0.01Hz のランプ波を注入電流に印可し、レーザ波長をゆっくりと掃引する。長時間の濃度変化を測定するためにはレーザ波長をロックする。2つのサイン波の変調($f=10\text{kHz}$ 、 $w=500\text{Hz}$)を注入電流に重畳すると、レーザ波長は周波数 10kHz と 500Hz で変調される。受光した光の強度信号は変調周波数の2倍の 20kHz と 1kHz に、位相敏感検波器16、17で順次復調される。

【0068】図5は、本発明の装置を用いて、室内の空気を計測対象として得られた大気中水蒸気の吸収スペクトルを示す特性線図である。これは室内の光軸上にある大気中水蒸気を検出して得られた吸収スペクトルである。この図のスペクトルは、二重変調によって得られた、吸収線形の4次微分を示し、振幅は大気中の水蒸気濃度に比例している。

【0069】[実施例2]

サンプルセル中のNOの分析

一酸化窒素NOの検出のため、ウェッジ基板を窓板にした、有効光路長 150mm で、ステンレス鋼製の単一光路吸収セルに試料ガスを充填した。市販の混合ガスNO(2.93%)を試料ガスとして用いた。波長 $1.7967\mu\text{m}$ のNOの吸収スペクトルの測定結果を図6

(a)に示した。 $1,796.673\text{nm}$ (5565.843cm^{-1})と $1,796.712\text{nm}$ (5565.721cm^{-1})との吸収線は、NO分子の電子状態 $^2\pi_{1/2}$ と $^2\pi_{3/2}$ 、振動の3倍音の回転構造R(6,5)と帰属した。

【0070】次に、レーザ波長を $1,796.673\text{nm}$ の波長に固定して計測した結果を図6(b)に示した。この結果の信号強度とノイズレベルから、本手法によるNOの検出限界は $1.3\text{ppm}\cdot\text{m}/\text{Hz}^{1/2}$ と評価した。

【0071】[実施例3]

サンプルセル中のCOガスの分析

波長 $1,565.6\text{nm}$ 近傍にあるCO吸収スペクトルの計測を行なった。実験は、計測セルと参照セルの両方に、CO濃度 5.01% (N_2 バランス)の標準ガスを封入して用いた。計測セルは、長さ 150mm 、内径 22mm のステンレス製の単一光路セルで、両端にはレーザ透過の窓が取り付けられている。

【0072】結果を図7(a)に示す。図中のスペクトルは二重変調法で計測した結果であり、ガス吸収スペクトルの波長に関する4次微分形となっている。また、スペクトルピーク位置がCO吸収中心波長と一致し、ピーク高さがCO濃度に比例している。

【0073】次に、レーザ波長をCO吸収波長に固定して計測した結果を図7(b)に示す。この結果の信号強度とノイズレベルから、本手法によるCO計測の下限界を $5\text{ppm}\cdot\text{m}/\text{Hz}^{1/2}$ と評価した。

【0074】[実施例4]

こみ焼却炉内のCO、煤塵計測

図8に実験装置の系統図を示す。実験に用いたのはこみ焼却用大型テスト炉30であり、そのサイズは、横幅 $2.2\text{m}\times$ 縦幅 $2.2\text{m}\times$ 高さ 19m である。計測に用いた本発明のガス濃度計測装置は、2次空気流入ポート31の後流に設置した。すなわち、2次空気流入ポート31の後流側で、炉30の燃焼領域の適所に2つの計測窓33a、33bを向き合うように取り付け、一方の計測窓33aを介してレーザ発振器21からレーザ光Lを炉内に入射し、計測領域を通過して他方の計測窓33b

を通して出てきたレーザ光 L を受光器22で受光するようになっている。レーザ発振器21および受光器22は信号処理装置23にそれぞれ接続されている。信号処理装置23からレーザ発振器21にはLD制御信号が送られ、これにより内蔵の半導体レーザ素子が測定対象ガス(CO)の固有の吸収スペクトル波長のレーザ光を発振する。また、レーザ発振器21から信号処理装置23にはLD信号と参照信号が送られ、信号処理装置23は受光器22からの受光信号とLD信号/参照信号とに基づきLD制御信号を変更し、これによりレーザ発振波長が最適なものにフィードバック制御されるようになっている。

【0075】なお、計測領域の直ぐ下流側には温度計24の測定端部24aが挿入され、計測領域の温度が検出されるようになっている。また、排ガスポート35にはサンプリング/前処理装置25のサンプリング管が挿入され、排ガスがサンプリングされるようになっている。このサンプリング/前処理装置25にはポンプを介してCO濃度計26が接続されている。

【0076】実験は、炉内CO、煤塵濃度を本装置で、炉内温度を同位置に設置した熱電対で計測した。更に、後流の排気ポートの位置で、非分散型赤外線式CO濃度計による炉出口COの計測を行なった。この場合、サンプリングガスから、水分、煤塵を除去する前処理を行なっている。

【0077】図9に実験結果を示す。図9(a)は、横軸に計測時間を示し、縦軸にTDLASと従来CO計による計測結果を示してある。また、図9(b)には、TDLASによる煤塵濃度計測結果と、熱電対による炉内温度計測結果を示してある。

【0078】燃焼変動が起きると、TDLASでのCO計測値と煤塵計測値は同時に変化している。一方、従来の計測法では約100秒遅れている。この結果から、本発明の装置を用いることにより燃焼炉内のCO濃度をリアルタイムで計測できることを実証できた。

【0079】〔実施例5〕

ボイラ火炉内のCO、煤塵計測

図10に実験装置の系統図を示す。実験に用いたのはボイラ用大型テスト炉40であり、そのサイズは、横幅2.2m×縦幅2.2m×高さ19mである。計測に用いた本発明のガス濃度計測装置は、2次空気流入ポート41の後流に設置した。すなわち、2次空気流入ポート41の後流側で、炉40の燃焼領域の適所に2つの計測窓43a、43bを向き合うように取り付け、一方の計測窓43aを介して光源部63からレーザ光 L を炉内に入射し、計測領域を通過して他方の計測窓43bを通して出てきたレーザ光 L を受光部64で受光するようになっている。光源部63は中央制御室60の変調部61に接続されている。受光部64は解析部62に接続されている。変調部61から光源部63にはLD制御信号が送

られ、これにより内蔵の半導体レーザ素子が測定対象ガス(CO)の固有の吸収スペクトル波長のレーザ光を発振する。また、変調部61から解析部62にはLD信号と参照信号が送られ、解析部62は受光部64からの受光信号とLD信号/参照信号とに基づきLD制御信号を変更し、これによりレーザ発振波長が最適なものにフィードバック制御されるようになっている。

【0080】なお、計測領域の下流側には過熱器45および再熱器46が設けられている。また、煙道47には脱硝装置48、集塵装置49、脱硫装置50、煙突51が順次設けられている。

【0081】また、図示しない温度計の測定端部が挿入され、計測領域の温度が検出されるようになっている。また、煙道47の適所には図示しないサンプリング/前処理装置のサンプリング管が挿入され、排ガスがサンプリングされるようになっている。このサンプリング/前処理装置にはポンプを介してCO濃度計(図示せず)が接続されている。

【0082】本実施例においても燃焼変動が起きると、TDLASでのCO計測値と煤塵計測値は同時に変化している。この結果から、本発明の装置を用いることにより燃焼炉内のCO濃度をリアルタイムで計測できることを実証できた。

【0083】

【発明の効果】本発明によれば、フリッジの有無に拘わらず、高感度かつ長時間安定な計測が可能になる。

【0084】また、本発明によれば、透過してきたレーザ光強度の変調された成分と直流成分を両方とも測定できるので、ガスと固体粒子の濃度の同時計測が可能となる。

【0085】また、本発明によれば、レーザの発振波長を参照セル内のガスの吸収ピークにロックしたので、長期間安定な測定を実現することができる。

【0086】さらに、本発明によれば、背景光を受光する手段をレーザの光軸を外れた位置に設置し、レーザ光の受光出力から背景光の受光出力を差し引くことにより、背景光の影響を除去することができる。

【0087】以上により、本発明によれば、ボイラやゴミ焼却炉などの炉内や煙などのプラント内部や、プラント周囲、大気中のガス濃度などをリアルタイムで直接計測できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るガス濃度計測装置の全体構成図。

【図2】本発明の実施形態に係るガス濃度計測装置の要部を示すブロック回路図。

【図3】(a)は変調無しでガス濃度を計測したときの吸収スペクトル線図、(b)は1倍の周波数 f で復調したときの一次微分吸収スペクトル線図、(c)は2倍の周波数 $2f$ で復調したときの二次微分吸収スペクトル線

図、(d)は周波数 $2f+w$ で復調したときの三次微分吸収スペクトル線図、(e)は周波数 $2f+2w$ で復調したときの四次微分吸収スペクトル線図。

【図4】フリンジを伴う吸収信号の吸収スペクトル線図。

【図5】大気中水蒸気の吸収スペクトル線図。

【図6】(a)は波長可変半導体レーザ吸収分光法(TDLAS)による標準ガス中NOスペクトル計測結果を示す特性線図、(b)はTDLASによるNO濃度計測結果を示す特性線図。

【図7】(a)はTDLASによる標準ガス中COスペクトル計測結果を示す特性線図、(b)はTDLASによるCO濃度計測結果を示す特性線図。

【図8】本発明の実施形態に係るガス濃度計測装置が取り付けられたごみ焼却用大型テスト炉を示す概略構成図。

【図9】(a)は図8の大型テスト炉におけるCO濃度計測値の時間変化を示す特性線図、(b)は図8の大型テスト炉における煤塵濃度および炉内温度の時間変化をそれぞれ示す特性線図。

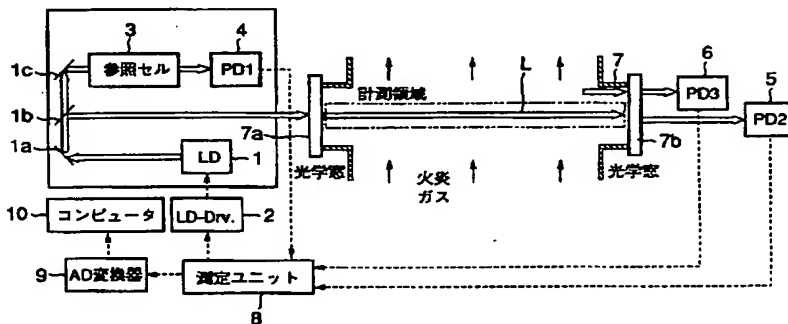
【図10】本発明の実施形態に係るガス濃度計測装置が*

*取り付けられたボイラ設備を示す概略構成図。

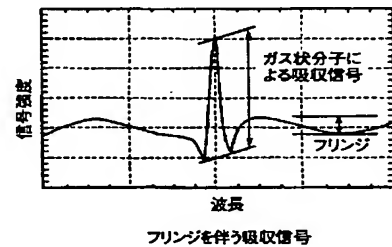
【符号の説明】

- 1…LDモジュール(光源)、2…LDドライバユニット、3…参照セル、4、5、6…フォトダイオード(受光手段; PD1, PD2, PD3)、7…測定対象プラント(ボイラ、燃焼炉)、8…測定ユニット、9…AD変換器、10…コンピュータ、11…ランプ波発生器、12、13…サイン波発生器(変調手段)、14…加算器、15…アンプ、16、17、19…位相敏感検波器(復調手段)、18…ローパスフィルタ(低周波通過フィルタ)、20…アンプ/ローパスフィルタ、21…レーザ発振器(LDモジュール/LDドライバユニット/光学系)、22…受光器、23…信号処理装置(測定ユニット/AD変換器/コンピュータ)、24…熱電対温度計、25…サンプリングおよび前処理装置、26…非分散型赤外線式CO濃度計、30…ごみ焼却用大型テスト炉、21…レーザ発振器、22…受光器、23…信号処理装置、24…温度計、25…サンプリング/前処理装置、26…CO濃度計、40…ボイラ火炉、61…変調部、62…解析部、63…光源部、64…受光部。

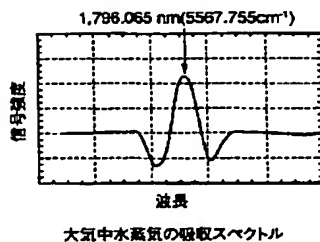
【図1】



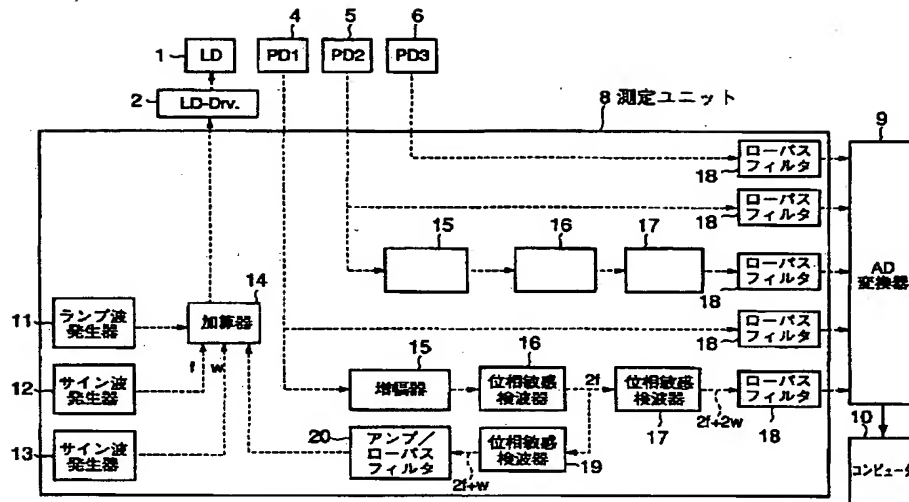
【図4】



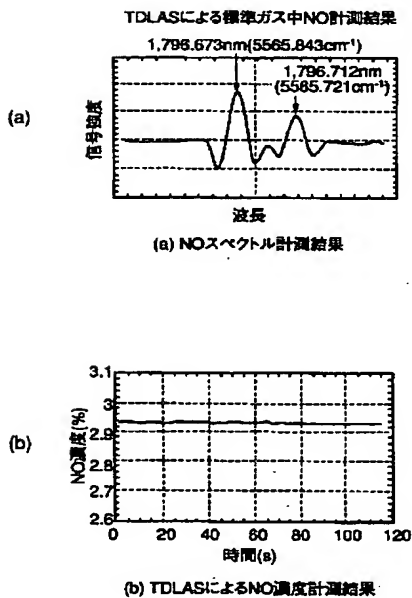
【図5】



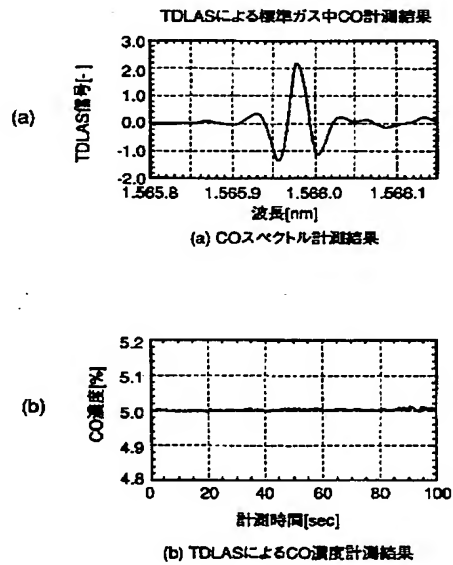
【図2】



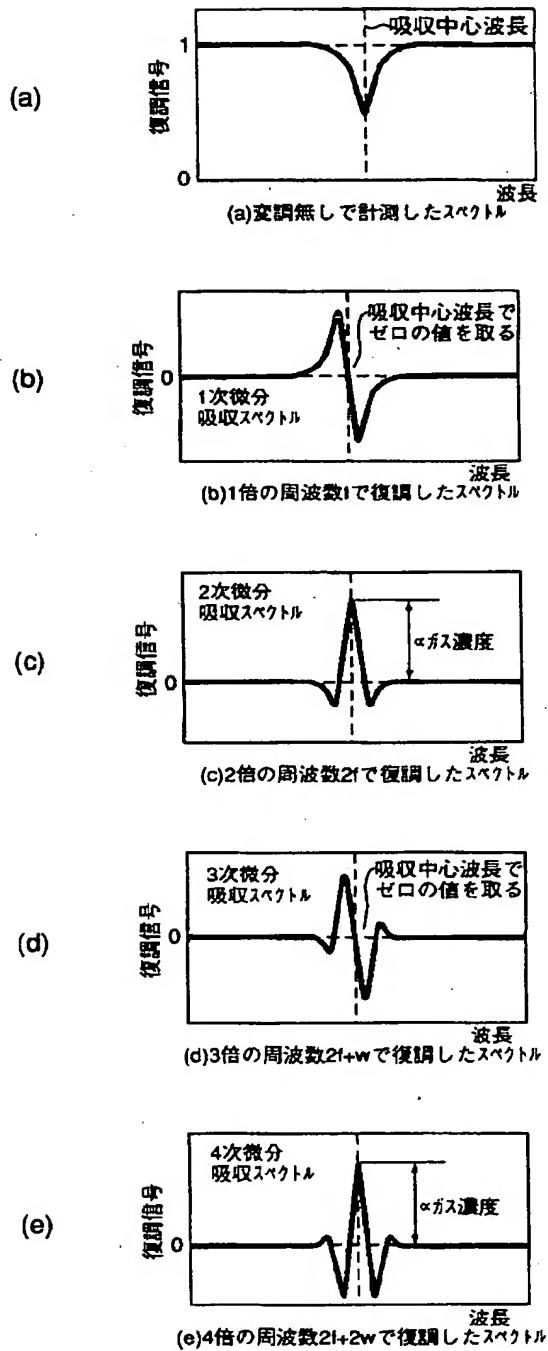
【図6】



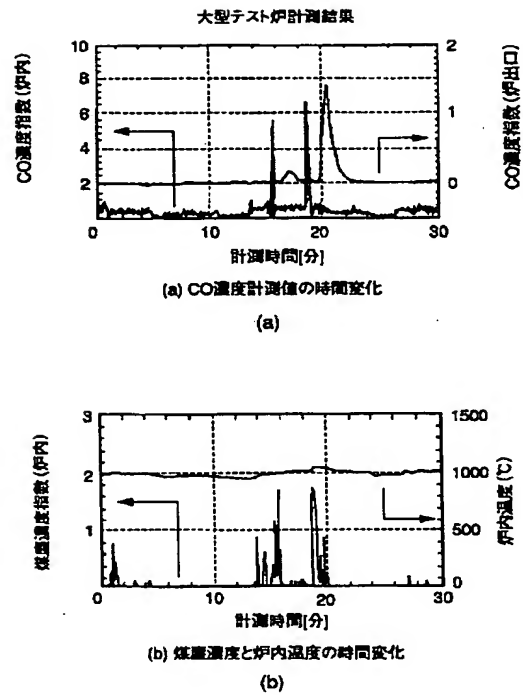
【図7】



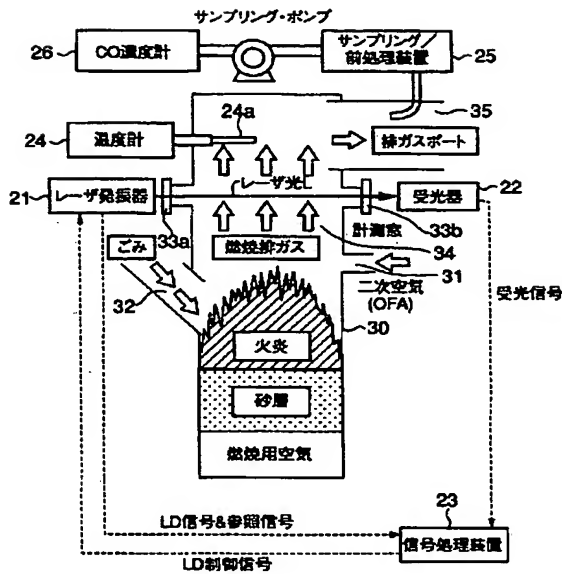
【図3】



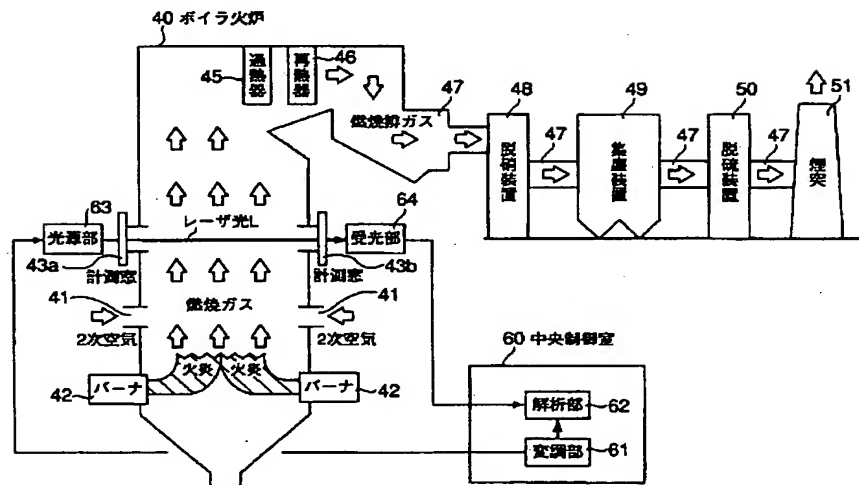
【図9】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 山下 一郎
神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1
三菱重工株式会社横浜研究所内

Fターム(参考) 2G059 AA01 BB01 CC20 DD12 EE01
EE02 EE12 FF08 GG01 GG09
HH01 HH06 JJ13 KK03 MM14
MM17 NN02 PP04